

# 理研 RIBF におけるビームロスモニターを用いた保護システムの試験

## TEST OF A PROTECTION SYSTEM USING BEAM-LOSS MONITOR IN RIKEN RIBF

足立泰平#  
Taihei Adachi#  
RIKEN Nishina Centre

### Abstract

At RIKEN RIBF, for further increasing the intensity of heavy ion beams, it increasingly important to prevent equipment damage caused by beam loss. Among the components, the septum electrodes in the Electrostatic Deflection Channel (EDC) at the beam extraction from the cyclotron are particularly vulnerable to damage. Their protection is critical. We developed an EDC protection system using proportional counter-type beam loss monitor. In the test operation, it shows good linearity between the loss signal and temperature rise of the EDC.

### 1. はじめに

理化学研究所 仁科加速器科学研究センターの RIBF(Radio Isotope Beam Factory)では、複数のサイクロトロンを多段に組み合わせてイオンビームを加速している。

サイクロトロンからのビーム取り出しには、Electrostatic Deflection Channel(EDC)が用いられている。これは、周回ビームと取り出しビームを分ける薄いセプタム電極と、その外側にある高圧電極からなり、電圧でビームを外側に曲げるものである。ビーム取り出し条件によっては、周回ビームと取り出しビームは完全には分離しておらずセプタムには、常時ビームの縁が当たっている状態である。また、擾乱などによりビーム軌道が変化すると、セプタムに当たるビームが増大する。これはセプタムの損傷を招くことになる。

これまで、セプタムの保護は、その周囲に取り付けた熱電対によって温度を測定し、その温度上昇によってビームインターロックをかける仕組みとなっている。しかし、薄いセプタム部分には熱電対が取り付けられない為、Fig. 1 に示すように、離れた箇所に取り付けられており、実際のビームロス発生から温度上昇までの遅延がある。これは、今後の大強度化を阻む一因となっている。

そこで、応答の早いビームロスモニターを用いた保護システムの開発[1, 2]が進められてきた。

### 2. ビームロスモニター

今回、比例計数管式のビームロスモニターを用いた試験的な保護システムを2つのサイクロトロン SRC と fRC の EDC に対して構築した。ロスモニターは、SRC では EDC の斜め下流、ビーム軸から 20 度方向に約 2 m の位置に設置した。fRC では、EDC からビーム接続方向に約 3 m の位置に設置した。ロスモニターからの信号は、アンプで増幅してロガーで測定し、ロガーのアラーム出力をビームインターロックシステムに組み込んだ。

用いた装置を Table 1 に示す。

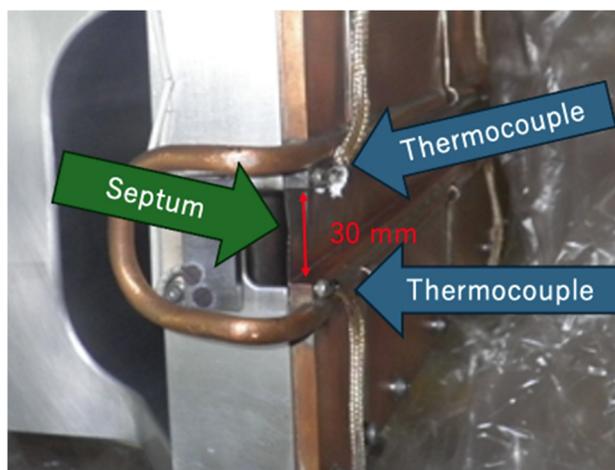


Figure 1: The septum electrode of the EDC.

Table 1: Instruments and Settings of the Beam Loss Monitor System

	SRC	fRC
Loss Monitor	E6867-600	E6867-600
Power Supply	HJPM-5N1.2-LSh	HEL-4R0.3X2-R
Voltage	-1.8 kV	-1.8 kV
Amplifier	DL Instruments 1211	BDJ-PF
Gain	10 $\mu$ A/V	10 nA/V
Time Constant	100 ms	60 ms
Logger	Yokogawa MW100	Yokogawa MW100
Interval	100 ms	100 ms

### 3. 試験

2025年6月25日から7月1日までの間、実際のビーム

# taihei.adachi@riken.jp

運転中にロスモニターシステムの動作試験を行なった。試験時のビームを Table 2 に示す。

Table 2: Beam During the Test

	SRC	fRC
Energy	345 MeV/u	50 MeV/u
Maximum Intensity	633 p nA	775 p nA
Maximum Power	15.3 kW	2.7 kW

それぞれの試験における EDC の温度とロスモニターの信号の関係を Fig. 2, 3 に示す。いずれもロスと温度上昇には比例関係が見て取れる。ロスモニターの信号が SRC で 10 V、fRC では 5 V を上回った場合にビームを止めることで、熱電対で測定している温度上昇を 10 度以下に抑え、セプタムの損傷を防ぐことができると考えられる。

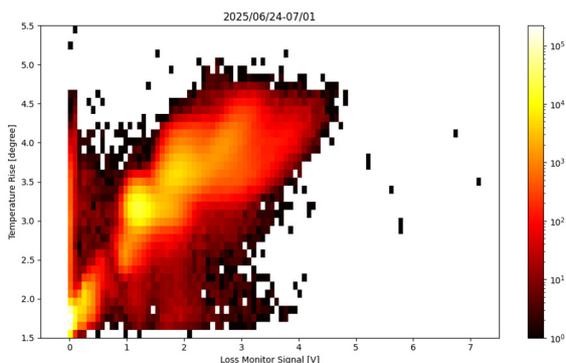


Figure 2: Signal of the loss-monitor @ SRC vs. Temperature rise of SRC-EDC.

しかし、ロスモニターの信号には、散発的に発生する高い信号が見られる。これによりビームを止める必要の

無い状況でのインターロック動作が頻発するので、今後、対策が必要となっている。

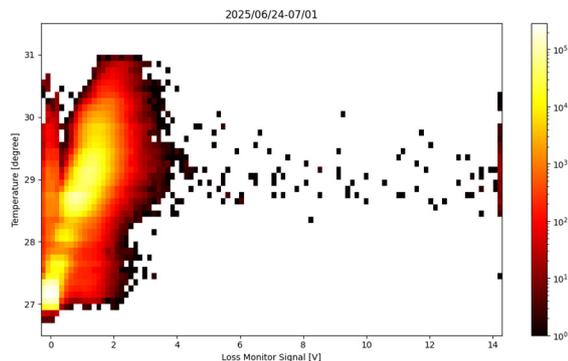


Figure 3: Signal of the loss-monitor @ fRC vs. Temperature of fRC-EDC.

#### 4. まとめ

ロスモニターの信号強度とセプタム電極の温度上昇の間に比例関係が確認でき、ロスモニター信号を用いた保護システムが機能することが確認できた。

ロスモニターから散発的に送られてくる大きな信号については、原因の究明と対策が、今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] M. Nakamura *et al.*, “BEAM LOSS MONITORING IN RIKEN RIBF USING IONIZATION CHAMBERS”, Proc. 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (PASJ2010), Himeji, Japan, Aug. 2010, pp. 755-758.
- [2] Y. Shikuma *et al.*, “DEVELOPMENT OF NEW BEAM LOSS MONITOR FOR RIKEN RIBF”, Proc. 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (PASJ2020), Online, Sep. 2020, pp. 246-250.